

ANÁLISE DE VARIÁVEIS PREDITIVAS DO DESLIZE AQUÁTICO ATRAVÉS DE UM MODELO DE PATH-ANALYSIS

INTRODUÇÃO

A velocidade de nado depende da propulsão e arrasto hidrodinâmico. Para um nadador se deslocar no meio aquático tem de produzir a mesma quantidade de propulsão e arrasto hidrodinâmico (Barbosa et al., 2010).

O arrasto pode ser activo, que se caracteriza pela resistência da água quando associado a um movimento de nado (Kolmogorov et al., 1997) ou passivo, que se caracteriza pela resistência da água durante o deslocamento de um corpo rebocado, sem movimento relativo dos segmentos corporais (Pendergast et al., 2006).

Estes dois tipos de arrasto podem ser avaliados através de métodos directos ou indirectos. O Método de Perturbação de Velocidade (Kolmogorov e Duplishcheva, 1992) e o Measuring Active Drag System (Hollander et al., 1986) são dois métodos directos de avaliar o arrasto. Indirectamente pode ser avaliado através da extrapolação do consumo de oxigénio (di Prampero et al., 1974).

O arrasto passivo pode ser avaliado através do reboque de um sujeito no meio aquático (e.g. Zamparo et al., 2009) ou através de dinâmica inversa (e.g. Vilas-Boas et al., 2010). No entanto estes são processos complexos e dispendiosos para serem aplicados por treinadores. Uma alternativa mais simples para estimar o arrasto passivo é a aplicação do teste de deslize aquático.

Uma maior distância de deslize aquático parece estar relacionada com uma diminuição do arrasto passivo (e.g. Marinho et al., 2010). No entanto, pode estar também relacionada com outras variáveis. Potdevin et al. (2011) reportam que a potência dos membros inferiores em tarefas como as “viragens” parece ter um papel significativo na distância de deslize.

O objectivo deste estudo foi realizar um modelo confirmatório da relação entre as variáveis velocidade de nado, coeficiente de arrasto, área de secção transversa do tronco, arrasto passivo e *Squat Jump* no deslize aquático após impulsão da parede de testa.

MÉTODOS

A amostra foi composta por 23 sujeitos (12 do sexo masculino e 11 do sexo feminino) com participação regular em competições de nível regional e nacional.

A figura 1 apresenta o modelo teórico utilizado para o deslize aquático baseados em determinadas variáveis para jovens nadadores.

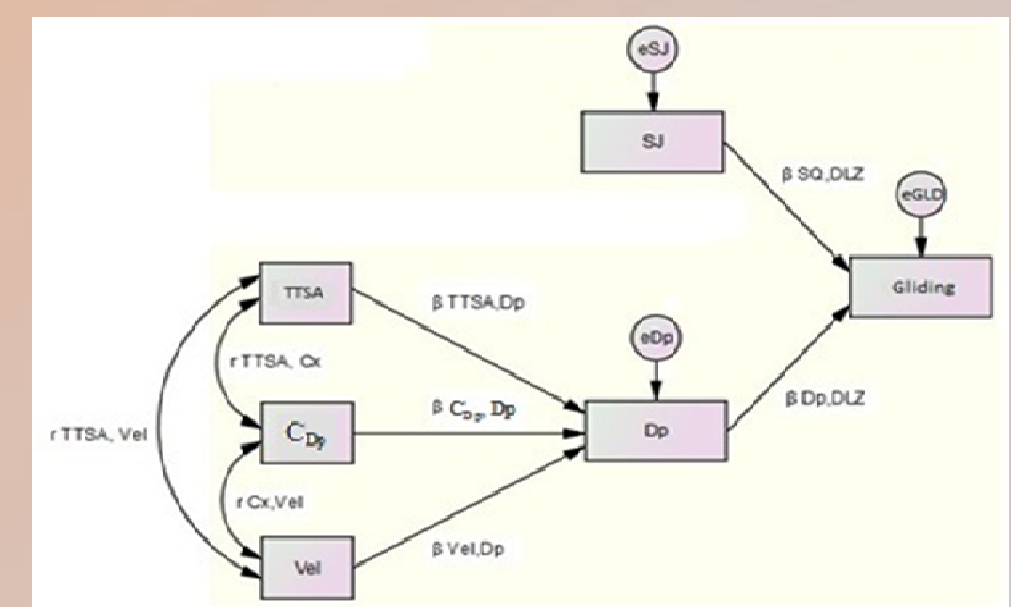


Figura 1 Modelo teórico de *path-flow analysis*.

Recolha da velocidade

À cintura dos sujeitos foi acochado um cabo speedo-meter (Swim speedo-meter, Swimsportec, Hildesheim, Germany) para avaliação do declive da diminuição da velocidade (Fig 2). A velocidade média de deslize e aceleração média correspondente foram calculados, e a curva aceleração-tempo foi obtida a partir da equação (Vilas-Boas et al., 2010):

$$a_i = \frac{2v_{i-2} - 16v_{i-1} + 16v_{i+1} - 2v_{i+2}}{24\Delta t} \quad (1)$$

Em que a_i representa a aceleração instantânea da anca em $[m \cdot s^{-2}]$, v_i representa a velocidade instantânea da anca em $[m \cdot s^{-1}]$ e t representa o tempo em [s].

Recolha da ASTT

A ASTT foi estimada a partir das equações 2 e 3 (Morais et al., 2011) em que foram medidos o perímetro peitoral com uma fita de medição (RossCraft, Canadá), e o diâmetro tóraco-sagital com um *clip* de medição (Campbell, 20, RossCraft, Canadá), para o sexo masculino e feminino, respectivamente:

$$ASTT = 7,002 \cdot PP + 15,382 \cdot DTS - 255,70 \quad (2)$$

$$ASTT = 6,662 \cdot PP + 17,019 \cdot DTS - 210,708 \quad (3)$$

Em que ASTT corresponde à área de secção transversa do tronco em $[cm^2]$, PP ao perímetro peitoral em [cm] e DTS ao diâmetro tóraco-sagital em [cm].



Figura 2 Cabo Speedo-meter.

MÉTODOS

Recolha da distância de deslize aquático

Os sujeitos realizaram uma impulsão a partir da parede de testa, numa posição alinhada em decúbito ventral, a uma profundidade de aproximadamente 0,5 [m]. Foi medida a distância horizontal máxima alcançada pelos sujeitos, sem acção de segmentos corporais (Fig 3).



Figura 3 Recolha da variável deslize aquático.

Recolha de arrasto passivo e coeficiente de arrasto passivo

O arrasto passivo foi calculado de acordo com a equação:

$$D_p = (BM + m_a) \cdot a \quad (4)$$

Em que D_p representa o arrasto passivo em [N], BM a massa corporal em [kg], m_a a massa de água adicionada do sujeito em [kg], assumindo ser aproximadamente 28 % para um sujeito com idade semelhante (Caspersen et al., 2010), e a representa a aceleração em $[m \cdot s^{-2}]$.

O coeficiente de arrasto passivo foi calculado de acordo com a equação:

$$C_{Dp} = \frac{2 \cdot D_p}{\rho \cdot ASTT \cdot v^2} \quad (5)$$

Em que C_{Dp} representa o coeficiente de arrasto [adimensional], ρ representa a densidade da água em $[kg \cdot m^{-3}]$, D_p representa o arrasto passivo em [N], v representa a velocidade em $[m \cdot s^{-1}]$ e ASTT a área de secção transversa do tronco em $[m^2]$.

Recolha de *squat jump*

Os sujeitos iniciaram o movimento numa posição agachada, num ângulo relativo de 90° entre ambas as coxas e pernas, seguido de um salto explosivo. O teste (Fig 3) foi realizado num tapete trigonométrico (Ergojump, Digitime 1000, Digest, Finlândia).



Figura 3 Teste de *squat jump*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 4 apresenta o modelo confirmatório para o deslize aquático. O modelo explicou 50 % / 29% do deslize aquático.

Registraram-se elevados coeficientes de correlação entre o deslize aquático e a ASTT ($r_s = 0,60$; $p = 0,002$) e o C_{Dp} ($r_s = -0,55$; $p = 0,006$). A variável D_p não se correlacionou com o deslize aquático ($r_s = 0,18$; $p = 0,402$).

Todas as trajectórias foram significativas. Sendo que a trajectória de *squat jump* para o deslize aquático foi mais significativa ($p = 0,02$) do que a registada pelo arrasto passivo ($p = 0,05$).

No índice de ajuste do modelo foram adoptados: (i) Chi-quadrado, em que $\chi^2 = 26,946$ ($p < 0,001$); o rácio Chi-quadrado/graus de liberdade, em que $\chi^2/GL = 3,849$ e; a raiz quadrada da matriz dos erros, em que SRMR = 0,207.

Um aumento da velocidade de deslize implica uma diminuição do coeficiente de arrasto passivo (Marinho et al., 2009). No entanto, a variável arrasto passivo não se correlacionou com o deslize aquático. Para um aumento da distância do deslize aquático é necessário um aumento de velocidade, no entanto, a equação newtoniana de arrasto sugere que um aumento da velocidade implica um aumento do arrasto.

A inclusão da variável *squat jump* traduz-se no facto de que a potência dos membros inferiores pode desempenhar um papel importante no deslize aquático, em tarefas como a impulsão na parede de testa depois de “viragens” (Potdevin et al., 2011).

O modelo final explicou 50 % / 29 % do deslize aquático, o que sugere que outras variáveis para além das seleccionadas podem estar relacionadas com o deslize aquático.

Os três processos utilizados para o ajuste do modelo registaram: (i) fraco ajustamento (Chi-quadrado); (ii) baixo ajustamento (rácio Chi-quadrado/GL) e; (iii) o modelo não se ajusta à teoria (SRMR). O que sugere que outras variáveis para além das seleccionadas podem estar relacionadas com o deslize aquático.

CONCLUSÃO

O modelo final explicou 50 % / 29 % do deslize aquático, e todas as trajectórias foram significativas.

A variável *squat jump* teve um maior contributo relativo para o deslize em relação ao arrasto passivo.

O modelo confirmatório não foi considerado ajustado à teoria.

REFERÊNCIAS

- Barbosa, T., Costa, M., Marques, M., Silva, A., Marinho, D. (2010). A model for active drag force exogenous variables in young swimmers. *Journal of Human Sport and Exercise*, 5, 379-388.
- Di Prampero, P., Pendergast, D., Wilson, D., Rennie, D. (1974). Energetics of swimming in man. *Journal of Applied Physiology*, 35(7), 1176-1181.
- Hollander, P., de Groot, G., van Ingen, G., Toussaint, H., de Best, W., Peeters, W., Meulemans, A., Schreus, W. (1986). Measurement of active drag during crawl stroke swimming. *Journal of Sports Science*, 4, 21-30.
- Kolmogorov, S. e Duplishcheva, O. (1992). Active drag, useful mechanical power output and hydrodynamic force in different swimming strokes at maximal velocity. *Journal of Biomechanics*, 25, 311-318.
- Kolmogorov, S., Rummyantseva, O., Gordon, B., Capaert, J. (1997). Hydrodynamic characteristics of competitive swimmers of different genders and performance levels. *Journal of Applied Biomechanics*, 13, 88-97.
- Marinho, D., Reis, V., Alves, F., Vilas-Boas, J., Machado, L., Silva, A., Rouboa, A. (2009). The hydrodynamic drag during gliding in swimming. *Journal of Applied Biomechanics*, 25(3), 253-257.
- Morais, J., Costa, M., Mejias, E., Marinho, D., Silva, A., Barbosa, T. (2011). Morphometric study for estimation and validation of trunk transverse surface area to assess human drag force on water. *Journal Human Kinetics*, 28, 5-13.
- Pendergast, D., Capelli, C., Craig, A., di Prampero, P., Minetti, A., Molleendorf, J., Termin, II., Zamparo, P. (2006). Biophysics in swimming. In: J.P. Vilas-Boas, F. Alves e A. Marques (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming X* (pp.185-189). Porto: Portuguese Journal of Sport Science.
- Potdevin, F., Alberty, M., Cheuvytschi, A., Pelayo, P., Sidney, M. (2011). Effects of a 6-week plyometric training program on performances in pubescent swimmers. *Journal of Strength Condition Research*, 25(1), 80-86.
- Vilas-Boas, J., Costa, L., Fernandes, R., Ribeiro, J., Figueiredo, P., Marinho, D., Silva, A., Rouboa, A., Machado, L. (2010). Determination of the drag coefficient during the first and second gliding positions of the breaststroke underwater stroke. *Journal of Applied Biomechanics*, 26, 324-331.
- Zamparo, P., Gatta, G., Capelli, C., Pendergast, D. (2009). Active and passive drag, the role of trunk incline. *European Journal of Applied Physiology*, 106, 195-205.

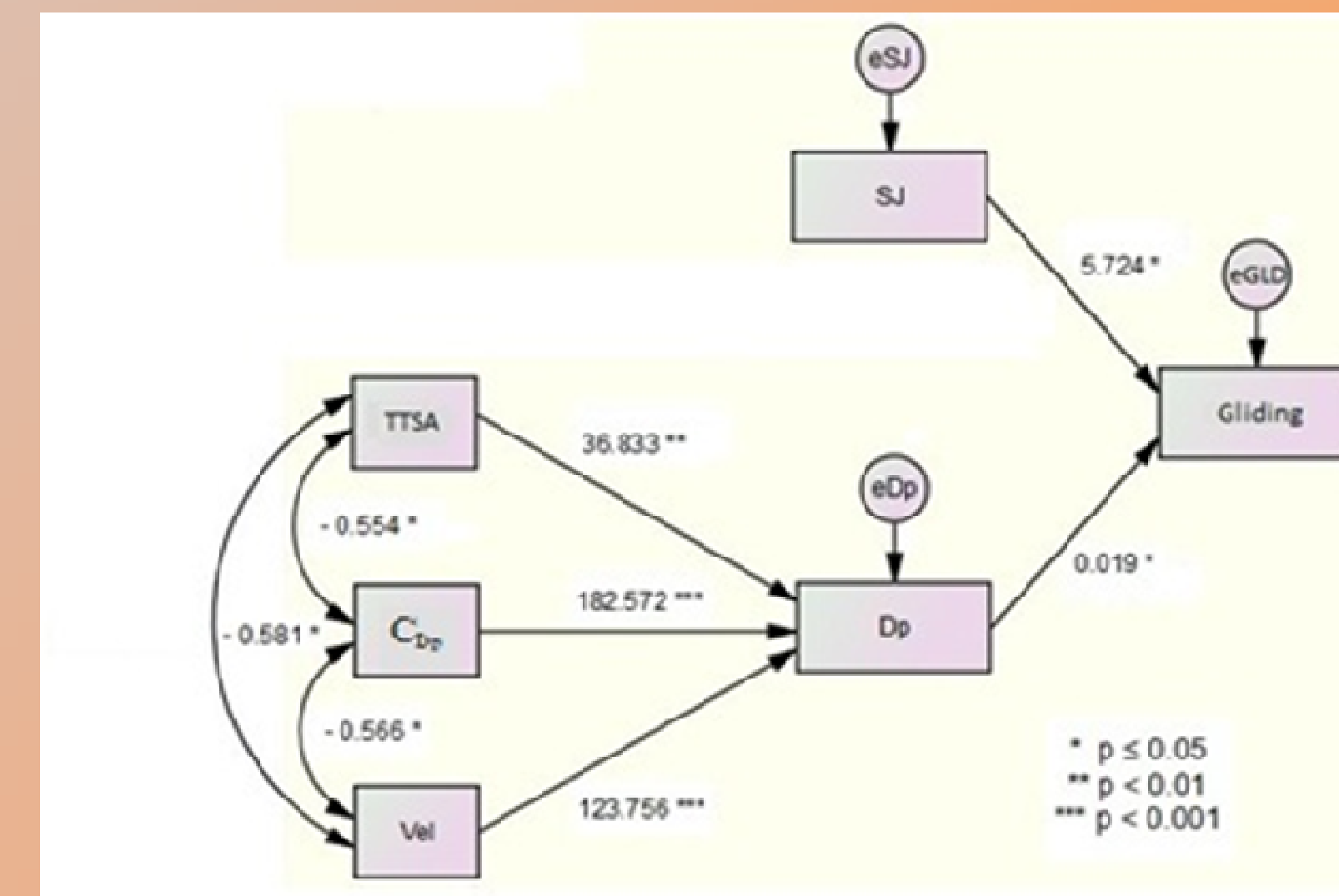


Figura 4 Modelo confirmatório do deslize aquático.